

SURFACE EMISSION TYPE SEMICONDUCTOR LASER

Patent number: JP5283791
Publication date: 1993-10-29
Inventor: UOMI KAZUHISA; others: 02
Applicant: HITACHI LTD
Classification:
- international: H01S3/18
- european:
Application number: JP19920076602 19920331
Priority number(s):

Also published as:

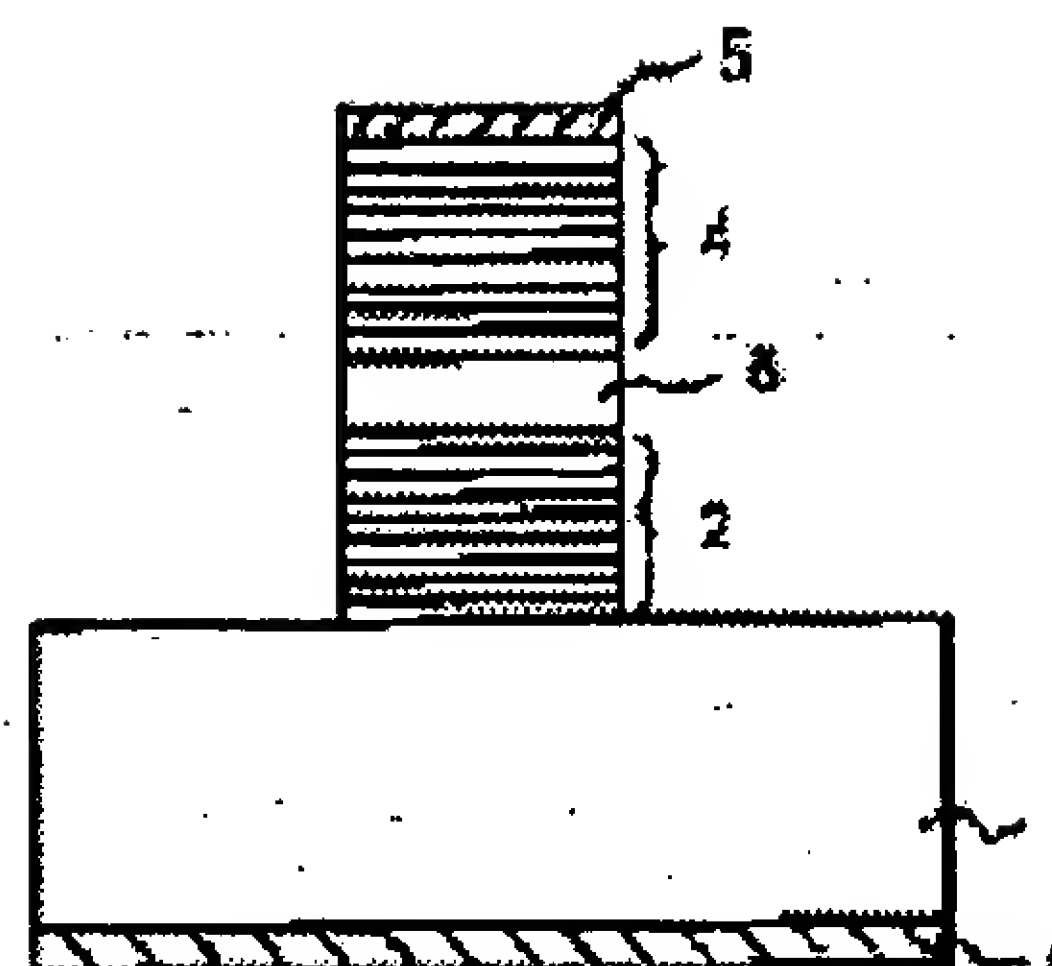
 US5363393 (A)

Report a data error h

Abstract of JP5283791

PURPOSE: To obtain a surface emission-type semiconductor laser of small element resistance by a method wherein semiconductor reflecting mirrors are set different from each other in semiconductor material, where the semiconductor laser is equipped with a laminated structure composed of a light emitting active layer sandwiched between a P-type and an N-type semiconductor multilayered reflecting mirror.

CONSTITUTION: A P-type semiconductor multilayered reflecting mirror 2 is formed of a multilayered periodic structure (e.g. 25 periods) where P-InGaAsP and P-InAlAs $1/4$ as thick as the wavelength of laser ray produced in each medium are alternately laminated on a P-type InP substrate 1. An InGaAsP active layer 3 is formed thereon, and a P-type semiconductor multilayered film reflecting mirror 5 formed of a laminated periodic structure (e.g. 20 periods) where P-InGaAsP and P-InAlAs $1/4$ as thick as the wavelength of laser ray produced in each medium are alternately laminated are successively formed is formed through an organic metal vapor growth method. A negative electrode 5 is formed, a region is limited, a protrudent light emitting region is formed by reactive etching, reaching to the P-type InP substrate 1, and lastly a positive electrode 6 is provided.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Patent Abstracts of Japan

BEST AVAILABLE COPY

(51)Int.Cl.⁵

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11(全 7 頁)

(21)出願番号 特願平4-76602

(22)出願日 平成4年(1992)3月31日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 魚見 和久

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 佐川 みすず

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 高井 厚志

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 面発光型半導体レーザ

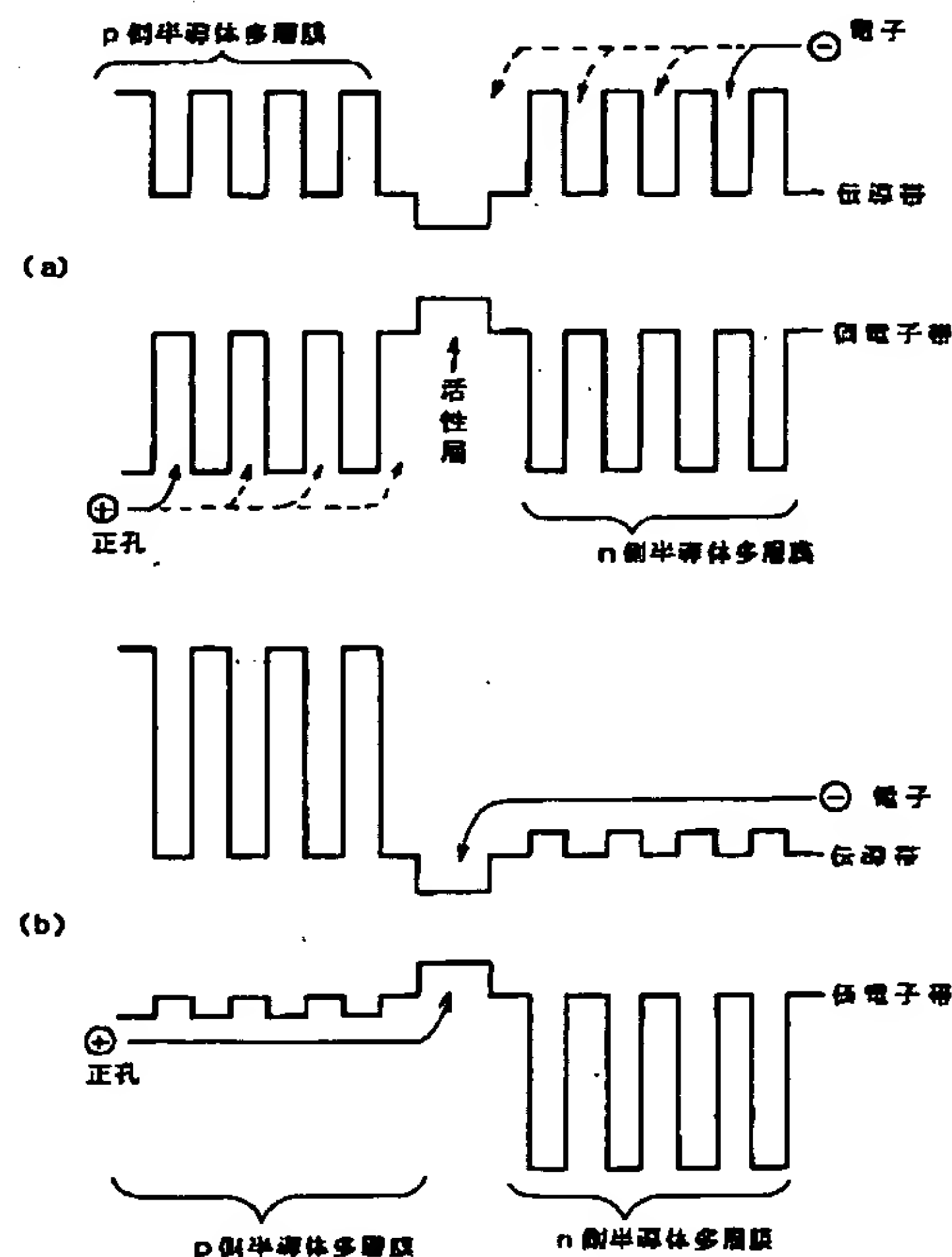
(57)【要約】

【目的】 本発明は、素子抵抗の小さい面発光型半導体レーザ、及び高い信頼性を有する $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光型半導体レーザを提供する。

【構成】 伝導帯側(価電子帯側)のバンド端不連続が大きい半導体材料系をp型(n型)の半導体多層膜反射鏡に用いることにより、電子及び正孔各々に対するヘテロ障壁の高さを低減する。また、 $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光型半導体レーザの半導体多層膜反射鏡をAlを含有していない半導体材料系で構成する。

【効果】 本発明では、電子及び正孔各々に対するヘテロ障壁の高さを調整することにより、素子抵抗の小さい面発光型半導体レーザを提供することができる。その結果、特に長波長帯面発光型半導体レーザにおける室温連続発振、高速変調動作に対して効果がある。さらに、 $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光型半導体レーザの信頼性の向上に対して有効である。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に、少なくとも光を発生する活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有する面発光型半導体レーザにおいて、上記p型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡を構成する半導体材料が異なることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項2】半導体基板上に、少なくとも光を発生する活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有する面発光型半導体レーザにおいて、上記p型の半導体多層膜反射鏡を形成する屈折率の異なった少なくとも2種類の半導体層の間の伝導帯側バンド端不連続エネルギー値が価電子帯側バンド端不連続エネルギー値よりも大きく、かつ上記n型の半導体多層膜反射鏡を形成する屈折率の異なった少なくとも2種類の半導体層の間の価電子帯側バンド端不連続エネルギー値が伝導帯側バンド端不連続エネルギー値よりも大きいことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項3】半導体基板上に少なくとも光を発生する活性層を誘電体膜多層膜反射鏡とp型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有する面発光型半導体レーザにおいて、上記p型の半導体多層膜反射鏡を形成する屈折率の異なった少なくとも2種類の半導体層の間の伝導帯側バンド端不連続エネルギー値が価電子帯側バンド端不連続エネルギー値よりも大きいことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項4】半導体基板上に、少なくとも光を発生する活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有する面発光型半導体レーザにおいて、上記p型の半導体多層膜反射鏡がIII族元素のみが置換された屈折率の異なった少なくとも2種類のIII-V族半導体層から形成され、かつ上記n型の半導体多層膜反射鏡がV族元素のみが置換された屈折率の異なった少なくとも2種類のIII-V族半導体層から形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項5】請求項1ないし4記載のいずれかの面発光型半導体レーザにおいて、上記p型の半導体多層膜反射鏡を形成する少なくとも2種類の半導体層の中で最も禁制帯幅の大きい半導体層のp型不純物濃度が他の半導体多層膜領域のp型不純物濃度よりも大きく、かつ上記n型の半導体多層膜反射鏡を形成する少なくとも2種類の半導体層の中で最も禁制帯幅の大きい半導体層のn型不純物濃度が他の半導体多層膜領域のn型不純物濃度よりも大きいことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項6】半導体基板上に、少なくとも光を発生する活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有する面発光型半導体レーザにおいて、上記p型の半導体多層膜反射鏡がInGaAsPとInAlAsの組合せ、InGaAsPとI

nGaAlAsの組合せ、InAlAsとInGaAlAsの組合せ、InGaAsPとInAlAsPの組合せ、Al組成の異なるInGaAlAsとInGaAlAsの組合せのいずれかから形成され、かつ上記n型の半導体多層膜反射鏡がInPとInGaAsPの組合せ、組成の異なるInGaAsPとInGaAsPの組合せのいずれかから形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項7】請求項1ないし6記載のいずれかの面発光型半導体レーザにおいて、上記半導体基板がInPであることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項8】請求項1ないし7記載のいずれかの面発光型半導体レーザにおいて、上記半導体基板の導電型がp型であることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項9】請求項1ないし8記載のいずれかの面発光型半導体レーザにおいて、上記活性層が少なくとも一層の量子井戸構造から形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項10】GaAs基板上に、少なくとも光を発生するInGaAs量子井戸型活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有する面発光型半導体レーザにおいて、上記p型、及びn型の半導体多層膜反射鏡が、Alを含んでおらず且つ屈折率の異なった少なくとも2種類の半導体層から形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項11】請求項10記載の面発光型半導体レーザにおいて、上記p型、及びn型の半導体多層膜反射鏡がInGaPとGaAsの組合せ、あるいはInGaAsPとGaAsの組合せで構成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は面発光型半導体レーザに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の面発光型半導体レーザについては、アイ・イー・イー・イー、ジャーナル・オブ・クアンタム、エレクトロニクス、27巻、6号(1991年)第1332頁から第1346頁[IEEE Journal of Quantum Electronics, vol.27, No.6 pp.1332-1346 (1991)]のJack L. Jewell他の解説論文に、詳細に且つ系統的にまとめられている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術における面発光型半導体レーザには、以下の如く2つの問題点があった。

【0004】まず、上記文献の第1343頁から第1344頁に記述されているように、面発光型半導体レーザの素子抵抗は、通常の半導体レーザの数Ωに比べると、

数百 Ω から数千 Ω と極めて大きい。特に低しきい電流動作を図るために、発光領域を直径10 μm 程度まで低減した構造では、特に大きな素子抵抗となる。このため、発熱により連続動作が妨げられるばかりでなく、大きなCR時定数(C:素子容量、R:素子抵抗)、及び駆動系の50 Ω よりも大きな素子抵抗の為、高速変調動作の際に支障となった。この大きな素子抵抗は、半導体多層膜反射鏡を形成している半導体層間のヘテロ障壁が大きく、且つその周期数が10~30周期と多いため、この半導体多層膜反射鏡を通しての活性層へのキャリアの注

入が良好に行われないことに起因している(図1(a))。特に有効質量の大きな正孔は、高いヘテロ障壁を乗り越えることができず、特にp型の半導体多層膜反射鏡領域での素子抵抗の増大は著しかった。これに対して、上記文献の第1343頁から第1344頁、及び第1344頁の図15で論じられているように、半導体多層膜反射鏡を形成する2種の半導体層の間に徐々に組成が変化する領域、あるいは超格子層を挿入する構造が検討されている。この結果、素子抵抗は低減(約100 Ω 程度まで)できるが、依然として大きなヘテロ障壁は

残っており、本質的な解決になっていない。
【0005】もう1つの問題点は、InGaAs量子井戸型活性層を有する0.98 μm 帯の面発光型半導体レーザでは、その半導体多層膜反射鏡がAlAsとGaAsで形成され、Al元素を含んでいる為、素子の信頼性が低下する点である。

【0006】本発明の目的は、素子抵抗の小さい面発光型半導体レーザを提供することにある。本発明の他の目的は、高い信頼性を有する0.98 μm 帯の面発光型半導体レーザを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的は面発光型半導体レーザのp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡を異なる材料系で構成することによって達成される。特に図1(b)の如く、p型の半導体多層膜反射鏡を、伝導帯側バンド端不連続エネルギー値 ΔE_c が価電子帯側バンド端不連続エネルギー値 ΔE_v よりも大きくなる材料系で構成し、かつn型の半導体多層膜反射鏡を、 ΔE_v が ΔE_c よりも大きくなる材料系で構成することによって達成される。さらに本目的は、II族元素のみが置換された屈折率の異なった少なく共2種類のIII-V族半導体層から形成されたp型の半導体多層膜反射鏡と、V族元素のみが置換された屈折率の異なった少なく共2種類のIII-V族半導体層から形成されたn型の半導体多層膜反射鏡を有する面発光型半導体レーザによって達成される。さらに本目的は、上述した手段に加え、特にp型の半導体多層膜反射鏡を形成する半導体層の中で最も禁制帯幅の大きい半導体層のp型不純物濃度が他の半導体多層膜領域のp型不純物濃度よりも大きく、かつn型の半導体多層膜反射鏡を形成する半

導体層の中で最も禁制帯幅の大きい半導体層のn型不純物濃度が他の半導体多層膜領域のn型不純物濃度よりも大きい面発光型半導体レーザによって達成される。上記手段は特に基板がInPである長波長帯(1.3 μm 帯、あるいは1.55 μm 帯)で発振する面発光半導体レーザにおいて有効である。上記本発明の他の目的は、InGaAs量子井戸型活性層を有する0.98 μm 帯の面発光型半導体レーザにおいて、その半導体多層膜反射鏡がAlを含んでおらず且つ屈折率の異なった2種類の半導体層から形成する手段、特にInGaPとGaAsの組合せ、あるいはInGaAsPとGaAsの組合せで構成する手段によって、達成される。

【0008】

【作用】以下、本発明の作用について、図1(b)を用いて説明する。まず、p型の半導体多層膜反射鏡を、伝導帯側バンド端不連続エネルギー値 ΔE_c が価電子帯側バンド端不連続エネルギー値 ΔE_v よりも大きくなる材料系($\Delta E_c > \Delta E_v$)で構成すると、価電子帯側バンド端不連続エネルギー値 ΔE_v は小さくなり、図1

(b)の如く、正孔に対するヘテロ障壁の高さは低減し、その結果半導体多層膜反射鏡を通しての活性層へのキャリアの注入がスムーズに行われ、p型の半導体多層膜反射鏡部での抵抗を大幅に低減できる。また、伝導帯側での大きなヘテロ障壁差により屈折率差は充分確保されるので、 $\lambda/4n$ (λ :レーザ波長、 n :各層の屈折率)厚さの半導体層の周期構造により、p型の半導体多層膜反射鏡部の反射率は高く設定でき、レーザ発振に対する共振器として動作させることができる。このような $\Delta E_c > \Delta E_v$ を実現する具体的な半導体層の組み合わせとしては、InGaAsPとInAlAs($\Delta E_v^* = 0.0 \sim 0.15$)の組合せ、InGaAsPとInGaAlAs($\Delta E_v^* = 0.0 \sim 0.15$)の組合せ、InGaAsPとInAlAsP($\Delta E_v^* = 0.2 \sim 0.35$)の組合せ、InAlAsとInGaAlAs($\Delta E_v^* = 0.2 \sim 0.35$)の組合せ、Al組成の異なるInGaAlAsとInGaAlAs($\Delta E_v^* = 0.2 \sim 0.35$)の組合せ等が有効である。ここで、 ΔE_v^* は $\Delta E_v^* = \Delta E_v / (\Delta E_c + \Delta E_v)$ で定義される価電子帯側バンド端不連続比である。

特にInGaAsPとInAlAsの組合せ、InGaAsPとInGaAlAsの組合せでは、 ΔE_v をほぼ0に近付けることができ、正孔に対するヘテロ障壁はほとんどなく、p型の半導体多層膜反射鏡部での抵抗は、ほぼ材料の抵抗のみで決定されるので、p型の半導体多層膜反射鏡部での抵抗を大幅に低減できる。また、III族元素のみが置換されたIII-V族半導体材料系では、 $\Delta E_c > \Delta E_v$ なる関係を満たすので、このような系で形成されたp型の半導体多層膜反射鏡は上記と同様な抵抗低減に対して寄与する。この具体的な構成としては、

InAlAsとInGaAlAsの組合せ、及びAl組

成の異なるInGaAlAsとInGaAlAsの組み合わせが上げられる。さらに、上記のp型の半導体多層膜反射鏡を有し、n側の多層膜反射鏡が誘電体膜多層膜反射鏡の場合であっても、本発明によるp型の半導体多層膜反射鏡部の抵抗の低減は上記の議論と同様に有効である。

【0009】一方、上記p型の半導体多層膜反射鏡の議論と同様に、n型の半導体多層膜反射鏡を、 ΔE_v が ΔE_c よりも大きくなる材料系($\Delta E_v > \Delta E_c$)で構成すると、電子に対するヘテロ障壁が低減し、図1(b)の如く、電子のスムーズな注入が行えるので、n型の半導体多層膜反射鏡部での抵抗を大幅に低減できる。このような $\Delta E_v > \Delta E_c$ を実現する具体的な半導体層の組み合わせとしては、InPとInGaAsP($\Delta E_c^* = 0.20 \sim 0.40$)の組合せ、組成の異なるInGaAsPとInGaAsP($\Delta E_c^* = 0.20 \sim 0.35$)の組合せである。ここで、 ΔE_c^* は $\Delta E_c^* = \Delta E_c / (\Delta E_c + \Delta E_v)$ で定義される伝導帯側バンド端不連続比である。また、V族元素のみが置換されたIII-V族半導体材料系では、 $\Delta E_v > \Delta E_c$ なる関係を満たすので、このような系で形成されたn型の半導体多層膜反射鏡は上記と同様な抵抗低減に対して寄与する。

【0010】上述した作用に加え、p型の半導体多層膜反射鏡を形成する半導体層の中で最も禁制帯幅の大きい半導体層のp型不純物濃度が他の半導体多層膜領域のp型不純物濃度よりも大きく、かつn型の半導体多層膜反射鏡を形成する半導体層の中で最も禁制帯幅の大きい半導体層のn型不純物濃度が他の半導体多層膜領域のn型不純物濃度よりも大きい面発光型半導体レーザの構成、いわゆる変調ドープ構造を採用すると、上述したヘテロ障壁の低減効果を助長できるので、さらなる抵抗の低減を行える。

【0011】本発明の他の手段の作用について説明する。一般的に半導体レーザの内部においてレーザ光が伝搬する領域にAlの元素を含むGaAlAs系の半導体レーザは、Alを含んでいない長波長帯のInGaAsP系半導体レーザに比べて阻止の信頼性は極めて悪いことが良く知られており、この原因は構成元素のAlの酸化によるものが主であると考えられている。これに対して、半導体多層膜反射鏡がAlを含んでおらず且つ屈折率の異なった2種類の半導体層から形成する手段、特にInGaPとGaAsの組合せ、あるいはInGaAsPとGaAsの組合せで半導体多層膜反射鏡を構成する手段を取ることににより、Alの酸化による欠陥の発生を伴わない高い信頼性を有するInGaAs量子井戸型活性層を有する $0.98 \mu\text{m}$ 帯の面発光型半導体レーザを実現できる。また、InGaPとGaAsの屈折率差は約0.3とGaAsとAlAsの0.6に比べて少し低下するが、半導体多層膜の周期数を増やすことにより、

高い反射率を得ることができるのでレーザ発振の為の共振器として有効に働く。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図2～7を用いて説明する。

【0013】(実施例1) 図2は本発明を $1.3 \mu\text{m}$ 帯面発光型半導体レーザに適用したものである。p-InP基板1上に、p-InGaAsP(組成波長 $1.2 \mu\text{m}$)とp-InAlAsをそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造(25周期)からなるp型の半導体多層膜反射鏡2、InGaAsP活性層3、n-InGaAsP(組成波長 $1.25 \mu\text{m}$)とn-InPをそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造(20周期)からなるn型の半導体多層膜反射鏡5を有機金属気相成長法により順次形成する。n側電極5を形成し、直径 $10 \mu\text{m}$ にその領域を制限した後、これをマスクにして反応性イオンエッチングにより、p-InP基板1に達する凸状の発光領域を形成し、最後にp側電極6を形成した。また、この時n側電極5を構成するAuの膜厚は 50nm とし光の透過率を数%に保ち、上方に光を取り出せるようにした。試作した素子は、室温連続動作において、しきい電流 5mA で発振した。さらに、p、n両方の半導体多層膜反射鏡にそれぞれ低抵抗化した構造を導入したことにより、素子抵抗は約 20Ω と従来の面発光型半導体レーザの約 $1/20$ に低減することができた。その結果、CR時定数により限定される変調帯域は 50GHz を越えるものが得られた。

【0014】(実施例2) 図3は本発明を量子井戸構造の活性層を有する $1.55 \mu\text{m}$ 帯面発光型半導体レーザに適用したものである。n-InP基板7上に、n-InGaAsP(組成波長 $1.0 \mu\text{m}$)とn-InGaAsP(組成波長 $1.45 \mu\text{m}$)をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造(30周期)からなるn型の半導体多層膜反射鏡8、膜厚 7nm のInGaAs量子井戸層と膜厚 10nm のInGaAsP障壁層の5～20周期構造からなる多重量子井戸活性層9、p-InGaAlAs(組成波長 $1.40 \mu\text{m}$)とp-InAlAsをそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造(25周期)からなるp型の半導体多層膜反射鏡10を有機金属気相成長法により順次形成する。次に、反応性イオンビームエッチングにより、n型の半導体多層膜反射鏡8の途中まで達するまでエッチングし、凸状の発光領域($5 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m}$)を形成する。その後、FドープInP層11で埋込成長を施した後、発光領域に相当するn-InP基板を選択的に除去した窓領域12を形成した後、n側電極5、p側電極6を形成した。試作した素子は、室温連続動作において、しきい電流 2mA で発振した。さらに、p、n両方の半導体多層膜反

射鏡にそれぞれ低抵抗化した構造を導入したことにより、素子抵抗は約 30Ω と従来の面発光型半導体レーザの約 $1/20$ に低減することができた。その結果、CR時定数により限定される変調帯域は 50GHz を越えるものが得られ、また量子井戸構造活性層による量子サイズ効果を反映した素子の共振周波数の増大により、 40Gbit/s の超高速動作を可能とした。

【0015】（実施例3）図4は本発明を歪超格子型活性層を有する $1.55\mu\text{m}$ 帯面発光型半導体レーザに適用したものである。 $p\text{-InP}$ 基板1上に、 $p\text{-InGaAsP}$ （組成波長 $1.45\mu\text{m}$ ）と $p\text{-InGaAlAs}$ （組成波長 $0.86\mu\text{m}$ ）をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造（30周期）からなるp型の半導体多層膜反射鏡13、膜厚 4nm 、歪量 $\Delta a/a$ が $+0.9\%$ の InGaAs 歪量子井戸層と膜厚 10nm の InGaAsP 障壁層の5～30周期構造からなる歪超格子型活性層14、 $n\text{-InP}$ 層15を有機金属気相成長法により順次形成する。歪超格子型活性層14に達するエッチングとアンダーカットエッチングにより、歪超格子型活性層14の領域を直径 $8\mu\text{m}$ に限定した後、有機絶縁体膜であるポリイミド膜16で埋込、平坦構造とした。その後、 TiO_2 膜と SiO_2 膜をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造（5周期）からなる誘電体膜多層膜反射鏡17を形成後、リング状のn側電極5、p側電極6を形成した。試作した素子は、歪超格子型活性層の特徴を発揮し、室温連続動作において、発振しきい電流は 1mA と極めて低かった。さらに、p側の半導体多層膜反射鏡に低抵抗化した構造を導入したことにより、素子抵抗は約 25Ω と従来の面発光型半導体レーザの約 $1/20$ に低減することができた。さらに、CR時定数の低減効果と、歪超格子型活性層の量子サイズ効果を反映した素子の共振周波数の増大により、 50Gbit/s の超高速動作が可能となった。

【0016】（実施例4）図5は本発明を $1.55\mu\text{m}$ 帯面発光型半導体レーザに適用したものである。 $p\text{-InP}$ 基板1上に、 $p\text{-InGaAlAs}$ （p型不純物濃度： $2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 、組成波長 $1.40\mu\text{m}$ ）と $p\text{-InGaAlAs}$ （p型不純物濃度： $4 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 、組成波長 $0.89\mu\text{m}$ ）をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造（30周期）からなるp型の半導体多層膜反射鏡18、 $1.55\mu\text{m}$ 帯 InGaAsP 活性層19、 $n\text{-InGaAsP}$ （n型不純物濃度： $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 、組成波長 $1.45\mu\text{m}$ ）と $n\text{-InP}$ （n型不純物濃度： $3 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ）をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造（25周期）からなるn型の半導体多層膜反射鏡20を有機金属気相成長法により順次形成

する。この後、 $7\mu\text{m} \times 7\mu\text{m}$ の領域を残してエッチングした後、 $n\text{-InP}$ 埋込層21、 $p\text{-InP}$ 埋込層22を形成後、 $n\text{-InP}$ 層14を形成し平坦化した。最後に、窓開き状のn側電極5、p側電極6を形成した。試作した素子は、p、n両方の半導体多層膜反射鏡内に変調ドープ構造を設けたので、低抵抗化の効果は大きく、素子抵抗は約 8Ω と従来の端面発光型半導体レーザとほぼ同等まで低減化できた。

【0017】（実施例5）図6は本発明を $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光型半導体レーザに適用したものである。 $n\text{-GaAs}$ 基板上23に $n\text{-InGaP}$ と $n\text{-GaAs}$ をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造（25周期）からなるn型の半導体多層膜反射鏡24、 $n\text{-InGaAsP}$ スペーサ層25、 InGaAs 歪量子井戸型活性層26、 $p\text{-InGaAsP}$ スペーサ層27、 $p\text{-InGaP}$ と $p\text{-GaAs}$ をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造（30周期）からなるp型の半導体多層膜反射鏡28を有機金属気相成長法により順次形成する。その後、p側電極6を形成し、直径 $3 \sim 10\mu\text{m}$ にその領域を制限した後、これをマスクにして反応性イオンビームエッチングにより、凸状の発光領域を形成し、最後に窓領域を有したn側電極5を形成した。試作した素子は、室温連続動作において、しきい電流 0.5mA で発振した。さらに、レーザ光が伝搬する領域にAlの元素を含まないので、素子の信頼性は極めて高く、 60°C 2mW 一定光出力動作寿命試験において、5000時間を経過しても劣化は認められなかった。

【0018】（実施例6）図7は本発明をp基板上の $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光型半導体レーザに適用したものである。 $p\text{-GaAs}$ 基板上29に $p\text{-InGaAsP}$ （組成波長 $0.75\mu\text{m}$ ）と $p\text{-GaAs}$ をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造（30周期）からなるp型の半導体多層膜反射鏡30、 $p\text{-InGaAsP}$ スペーサ層27、 InGaAs 歪量子井戸型活性層26、 $n\text{-InGaAsP}$ スペーサ層25、 $n\text{-InGaAsP}$ （組成波長 $0.75\mu\text{m}$ ）と $n\text{-GaAs}$ をそれぞれの媒質内における発振波長の $1/4$ 倍の厚さを交互に積層した周期構造（35周期）からなるn型の半導体多層膜反射鏡31を有機金属気相成長法により順次形成する。その後、n側電極5を形成し、直径 $3 \sim 10\mu\text{m}$ にその領域を制限した後、これをマスクにして反応性イオンビームエッチングにより、凸状の発光領域を形成し、最後に窓領域を有したp側電極6を形成した。試作した素子は、室温連続動作において、しきい電流 0.5mA で発振した。さらに、レーザ光が伝搬する領域にAlの元素を含まないので、素子の信頼性は極めて高く、 60°C 5mW 一定光出力動作寿命試験において、10000時間を経過しても

劣化は認められなかった。

【0019】

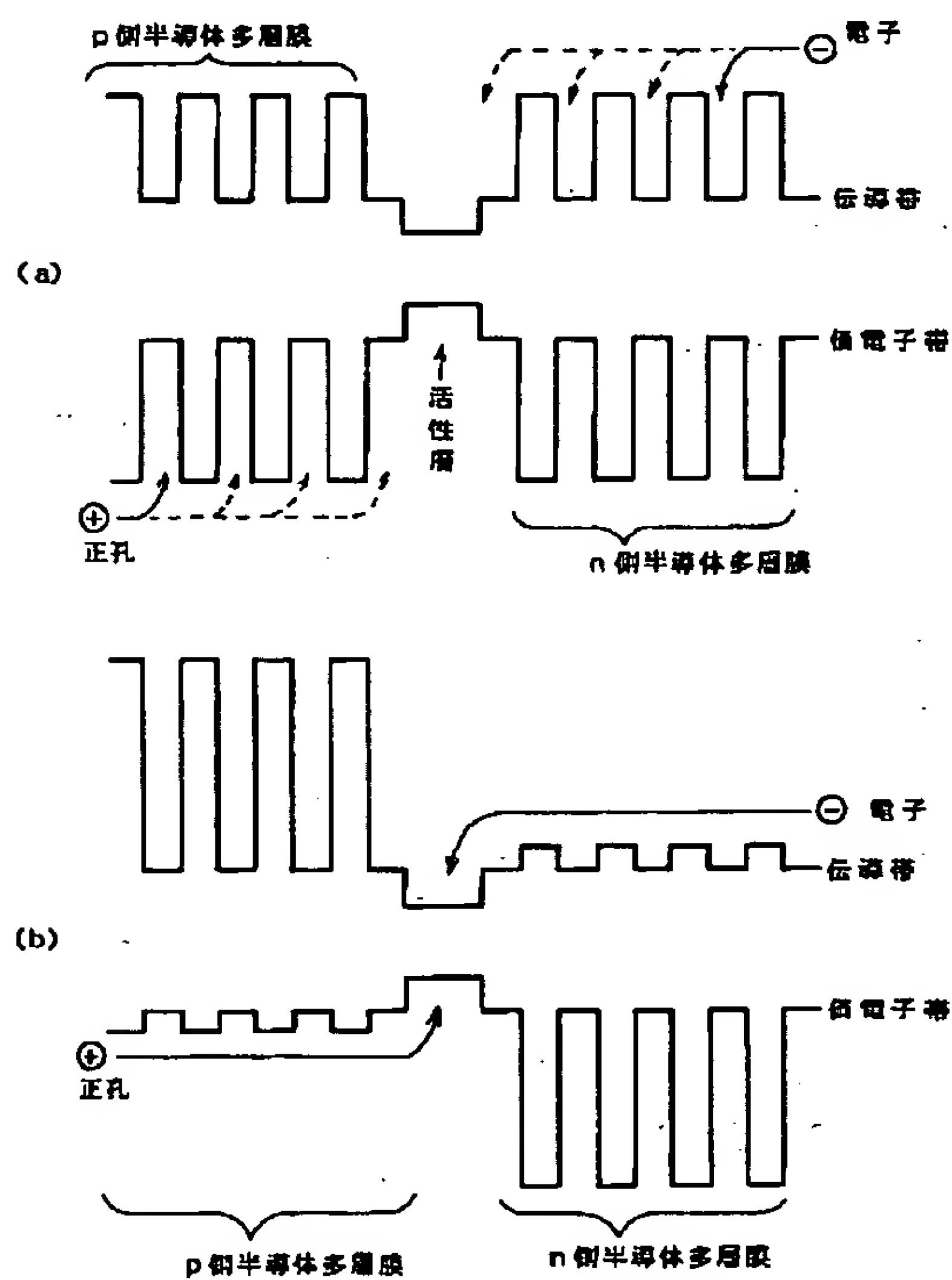
【発明の効果】本発明では、電子及び正孔各々に対するヘテロ障壁の高さを低減することにより、素子抵抗の小さい面発光型半導体レーザを提供することができると共に、Alを含んでいない半導体多層膜反射鏡を有する0.98 μ m帯の面発光型半導体レーザを提供することができる。その結果、特に長波長帯面発光型半導体レーザにおける室温連続発振、高速変調動作に対して効果がある。さらに、0.98 μ m帯の面発光型半導体レーザの信頼性の向上に対しての効果は大きい。

【図面の簡単な説明】

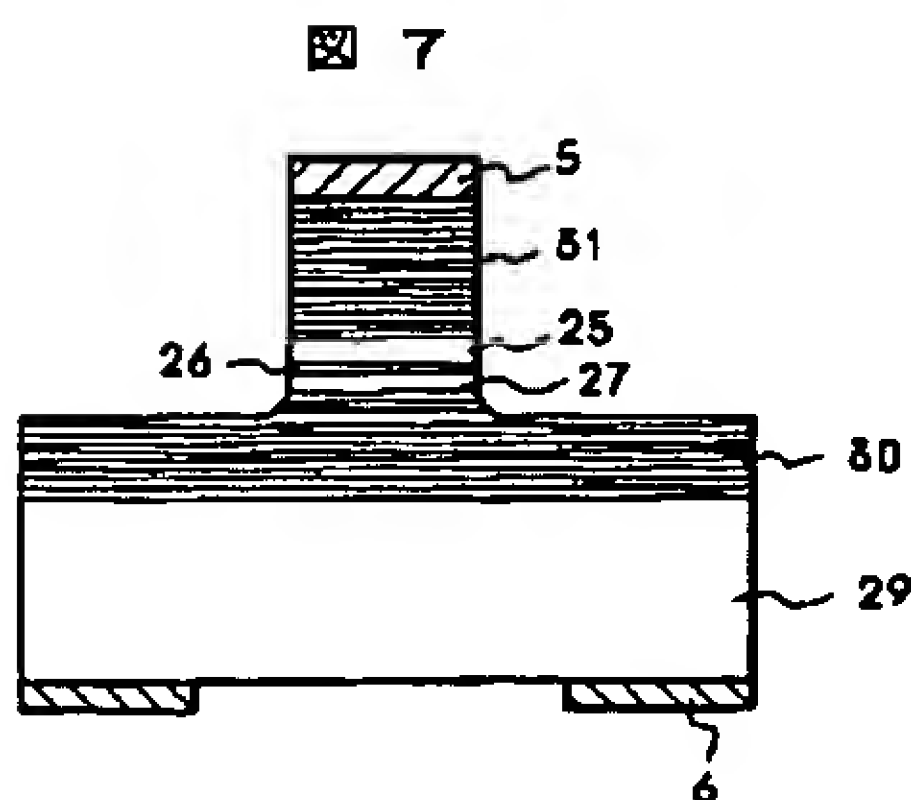
【図1】本発明の作用を表す原理図

【図1】

図 1



【図7】



*【図2】本発明の実施例を表す構造図

【図3】本発明の実施例を表す構造図

【図4】本発明の実施例を表す構造図

【図5】本発明の実施例を表す構造図

【図6】本発明の実施例を表す構造図

【図7】本発明の実施例を表す構造図

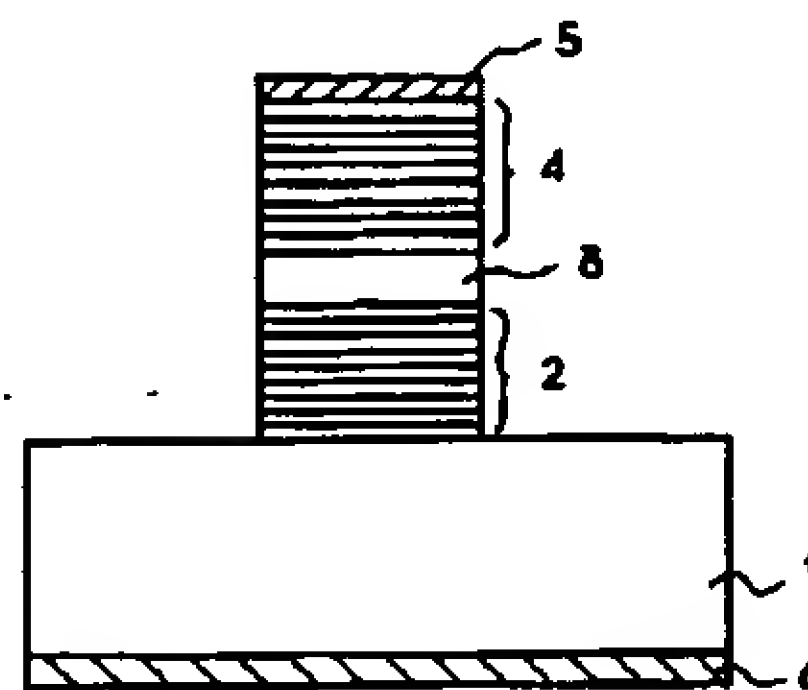
【符号の説明】

5...n側電極、6...p側電極、2, 10, 13, 18, 28, 30...p型の半導体多層膜反射鏡、4, 9, 20, 24, 31...n型の半導体多層膜反射鏡、17...誘電体膜多層膜反射鏡、3, 9, 14, 19, 26...活性層。

*

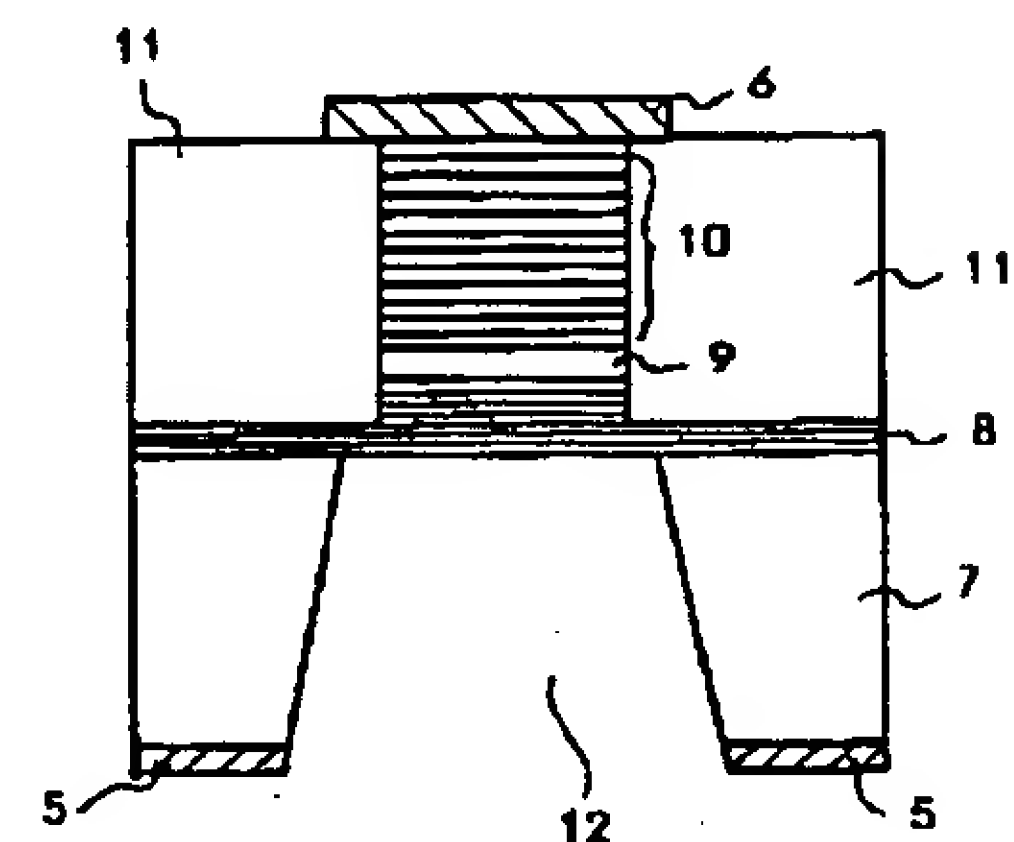
【図2】

図 2



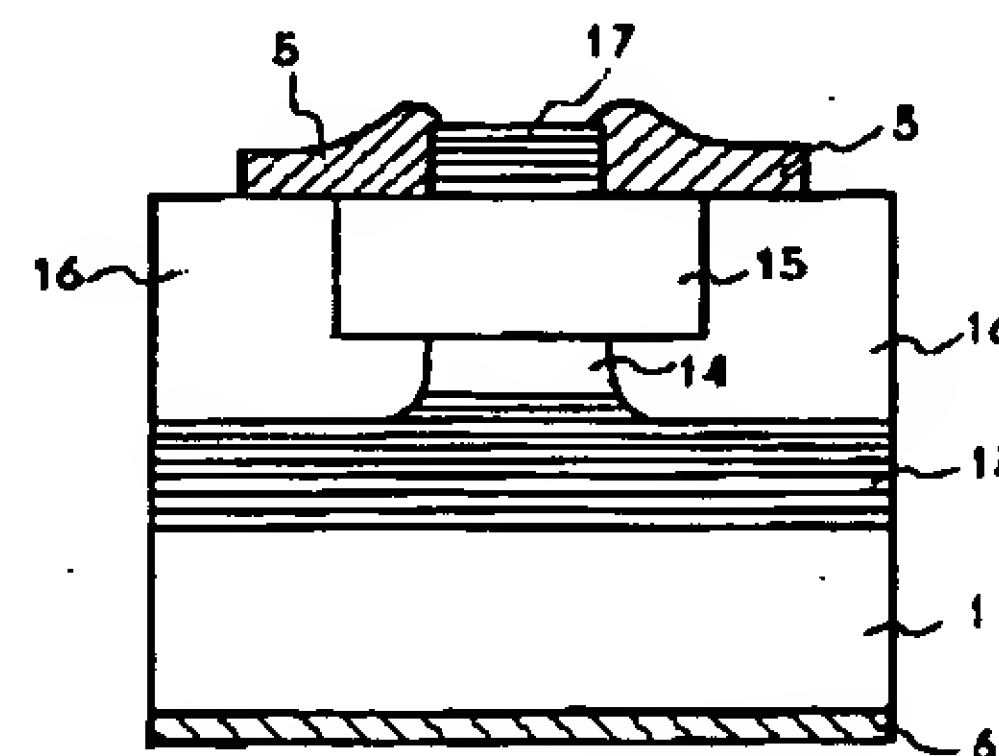
【図3】

図 3



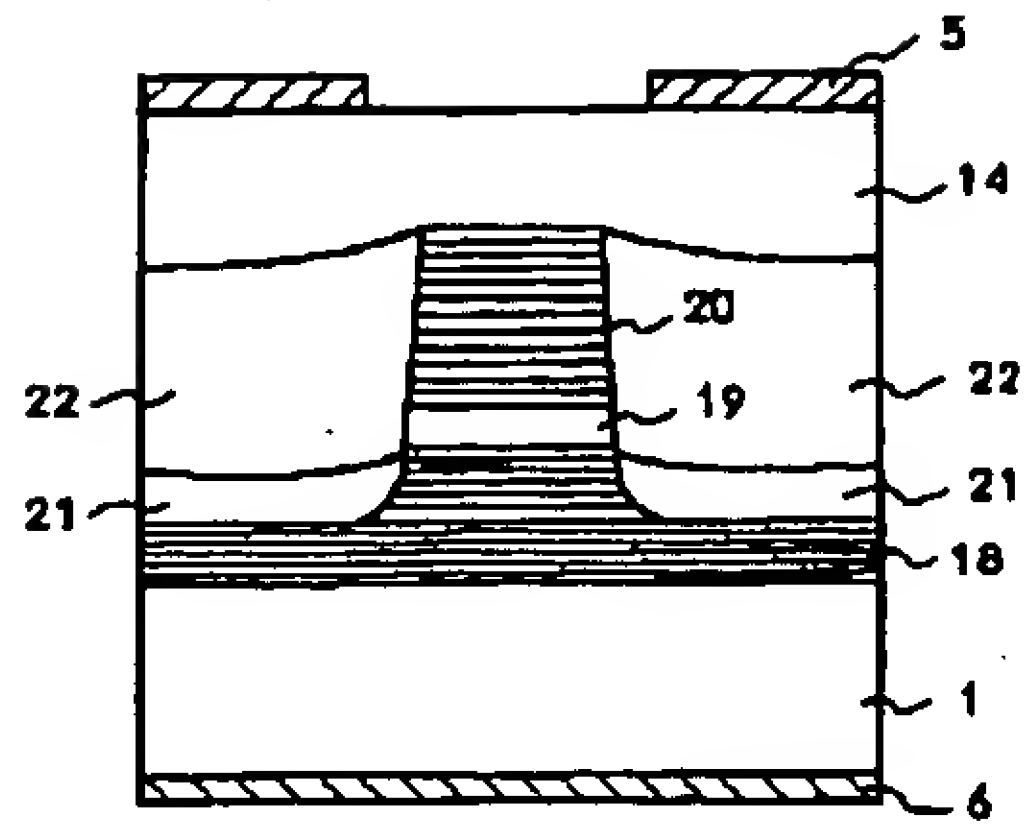
【図4】

図 4



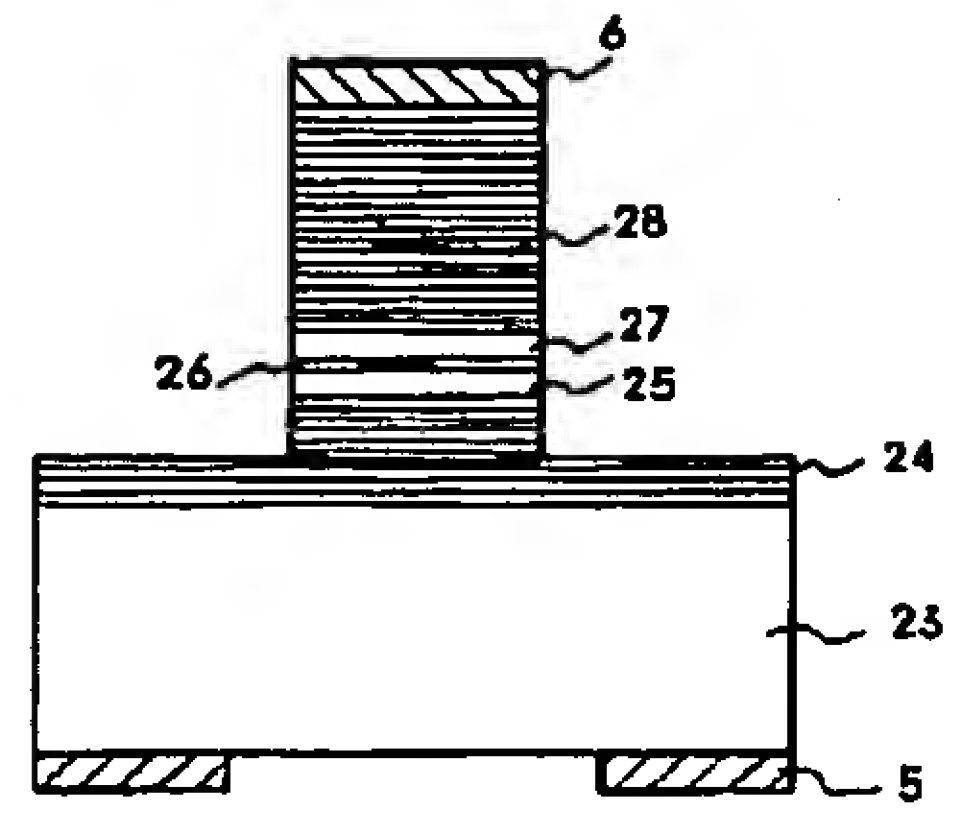
【図5】

図 5



【図6】

図 6



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第7部門第2区分
 【発行日】平成11年(1999)8月6日

【公開番号】特開平5-283791
 【公開日】平成5年(1993)10月29日
 【年通号数】公開特許公報5-2838
 【出願番号】特願平4-76602
 【国際特許分類第6版】
 H01S 3/18
 【FI】
 H01S 3/18

【手続補正書】
 【提出日】平成10年8月19日
 【手続補正1】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】特許請求の範囲
 【補正方法】変更
 【補正内容】
 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に少なくとも光を発生する活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有し、上記p型の半導体多層膜反射鏡を形成する屈折率の異なる少なくとも2種類の半導体層の間の伝導帯側バンド端不連続エネルギー値が価電子帯側バンド端不連続エネルギー値よりも大きく且つ上記n側の半導体多層膜反射鏡を形成する屈折率の異なる少なくとも2種類の半導体層の間の価電子帯側バンド端不連続エネルギー値が伝導帯側バンド端不連続エネルギー値よりも大きいことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項2】半導体基板上に少なくとも光を発生する活性層を誘電体の多層膜反射鏡とp型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有し、上記p型の半導体多層膜反射鏡を形成する屈折率の異なる少なくとも2種類の半導体層の間の伝導帯側バンド端不連続エネルギー値が価電子帯側バンド端不連続エネルギー値よりも大きいことを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項3】半導体基板上に少なくとも光を発生する活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有し、上記p型の半導体多層膜反射鏡がIII族元素のみが置換された屈折率の異なる少なくとも2種類のIII-V族半導体層から形成され、且つ上記n型の半導体多層膜反射鏡がV族元素のみが置換された屈折率の異なる少なくとも2種類のIII-V族半導体層から形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項4】上記p型の半導体多層膜反射鏡を形成する少なくとも2種類の半導体層の中で最も禁制帯幅の大き

い半導体層のp型不純物濃度が他の半導体多層膜領域のp型不純物濃度よりも大きく、且つ上記n型の半導体多層膜反射鏡を形成する少なくとも2種類の半導体層の中で最も禁制帯幅の大きい半導体層のn型不純物濃度が他の半導体多層膜領域のn型不純物濃度よりも大きいことを特徴とする請求項1又は請求項3に記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項5】半導体基板上に少なくとも光を発生する活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有し、上記p型の半導体多層膜反射鏡がInGaAsPとInAlAsの組合せ、InGaAsPとInGaAlAsの組合せ、InGaAlAsとInAlAsPの組合せ、Al組成の異なるInGaAlAsとInGaAlAsの組合せのいずれかから形成され、且つ上記n型の半導体多層膜反射鏡がInPとInGaAsPの組合せ、組成の異なるInGaAsPとInGaAsPの組合せのいずれかから形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項6】上記半導体基板はInPであることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項7】上記半導体基板の導電型はp型であることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項8】上記活性層が少なくとも一層の量子井戸構造から形成されていることを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の面発光型半導体レーザ。

【請求項9】GaAs基板上に少なくとも光を発生するInGaAs量子井戸型活性層をp型の半導体多層膜反射鏡とn型の半導体多層膜反射鏡で挟んだ積層構造体を有し、上記p型及びn型の半導体多層膜反射鏡がAlを含まず且つ屈折率の異なる少なくとも2種類の半導体層から形成されていることを特徴とする面発光型半導体レーザ。

【請求項10】上記p型及びn型の半導体多層膜反射鏡が、InGaPとGaAsの組合せ又はInGaAsP

とGaAsの組合せのいずれかから形成されていること を特徴とする請求項9に記載の面発光型半導体レーザ。

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.